

A VÁGTAFUTÁS ÉS A BIOMECHANIKAI TÖRVÉNYSZERŰSÉGEK

KÖVÁRI LÁSZLÓ

Az utóbbi két évtizedben nagyot fejlődtek az atlétikai eredmények. Fontos szerepet játszott e folyamatban a szervezési és tömegnevelési feladatok előtérbe kerülése, másrészt pedig az edzés módszerek fejlődése. Döntő lökést azonban a testneveléssel és sporttal kapcsolatos tudományok által feltárt ismeretek alkalmazása adott. Elsősorban az anatómiára, biológiára, élettanra, lélektanra és pedagógiára gondoltunk itt, de nagy segítséget adott a biomechanikai törvényszerűségek figyelembe vétele is. Az egyes szaktudományok kutatásainak és eredményeinek felhasználása a testnevelés és sport céljaira még gyermekcipőben jár, csupán néhány évtizede foglalkoznak tudományos feldolgozásával.

A biomechanika az élőlények mozgására alkalmazott mechanika. Ennek része az ún. sportbiomechanika, amelynek tárgya értelemszerűen a sportmozgásokra alkalmazott mechanika. Egyrészt a sportmozgások térbeli és időbeli viszonyait vizsgálja, másrészt pedig a sportmozgásokat előidéző okokkal foglalkozik. Tárgya tehát a külső és a belső erők által az emberi testre gyakorolt hatás vizsgálata.

A testnevelés és a sport a biomechanikai kutatások tág lehetőségét biztosítja. Nincs is a mechanikának olyan területe, amely ne kerülne valamilyen összefüggésbe sporttechnikai kérdésekkel. A sportbiomechanika nagy mértékben segít a sportmozgások kialakításánál és javításánál, de megismertet bennünket azokkal a törvényszerűségekkel és oktatástechnikai fogásokkal is, amelyeket érvényesítenünk kell a jó eredmények elérése érdekében. Ahhoz pedig, hogy a törvényszerűségeket maradéktalanul érvényesíteni is tudjuk, jól kell ismernünk az egyes sportmozgások technikai végrehajtását.

Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül a vágtafutás mechanikai törvényszerűségeit próbáljuk elemezni.

A futás, mint sportmozgás, az ember egyik legősibb és legtermészetesebb mozgása. Célja az adott távolság minél rövidebb idő alatt való megtétele. A futást a járás továbbfejlesztésének tekinthetjük, a ciklikus mozgásokhoz tartozik. Futás közben testünk folyamatosan vál-

toztatja helyét, ez a hatóerők bonyolult mechanikai működésén alapszik. Ezen erők meghatározzák a futás minden egyes mozzanatát.

Segítő erők:

1. lendítő erő,
2. elrugaszkodó erő.

Gátló erők:

1. Külső:
 - a) nehézségi erő,
 - b) tehetetlenségi erő,
 - c) talajellenállás,
 - d) légellenállás,
2. belső:

a test ízületeinek és izmainak súrlódásából, illetve az antagónista izomcsoportok lazításából és feszítéséből származó ellenállások.

Minden sporttevékenység a külső és belső erők kölcsönhatásaként jelentkezik. A futómozgás töretlen folyamat, mozgáselméleti szempontból mégis több mozzanatra bonthatjuk:

1. holtponthelyzet,
2. lendítés,
3. elrugaszkodás,
4. repülés,
5. talajfogás.

Ezek a mozzanatok minden futótechnikánál megtalálhatók, tehát a vágtafutás technikája elvileg nem különbözik a futás általános technikájától.

A futómozgás folyamatosságát mozzanatainak állandóan ismétlődő, folyamatos és törésmentes egymásba kapcsolódása biztosítja.

1. Az elemzésnél célszerű az ún. *holtponthelyzet*-ből kiindulni. E helyzetben a futó egyik talpával a talajra nehezedik, csípője, térdje és bokája hajlított. A másik láb térdben hajlítva kb. egy vonalban van a támaszkodó lábbal, alszára felleendül a vízszintes fölé. A kar a test két oldalán könyökben hajlítva átlendülőben van.

2. A holtponthelyzetből az előrejutást az ún. *lendítőerő* indítja meg. A lendítést már a talajérés után meg kell kezdeni. Amikor a lendítő láb combja eléri a holtponthelyzetet, akkor kell bekapcsolni a támaszkodó láb elrugaszkodását. Elrugaszkodás alatt tovább tart a lendítés, e két mozgás szervesen fonódik egységbe.

A lendítés irányát a térd határozza meg. Vágtafutásnál az a cél, hogy a lendítés minél gyorsabb legyen és a lehetőségekhez képest minél hosszabb úton történjék, mert hosszabb úton jobban fel lehet gyorsítani a lendítést. Lendítés során érvényesül Newton II. törvénye: A mozgásmennyiség megváltozása arányos a ráható erővel és annak irányában történik ($P = m \times a$).

Mivel egy futóra nézve a láb tömege azonos, ezért, hogy a lendítés nagy erőt képviseljen, igen gyorsan kell végrehajtani. A lendítés körpályán történik, így a láb tehetetlenségét (tömegét) az ún. forgási tehetetlenségi nyomatékával (inercia) jellemezhetjük. Értéke egyenes arányban áll a körpálya sugarának négyzetével: $I = \sum m \cdot r^2$. Tehát ahhoz, hogy a lendítés gyors legyen, az inercia mértékét kell csökkenteni. Ezt pedig úgy éri el a futó, hogy a térd hajlításával lerövidíti a sugarat, vagyis kisebbíti az ingakart, így a mozgás könnyebben felgyorsul.

Meddig lendítsen a láb, hogy a lehető legjobban segítse elő az előrehaladást? A holtponthelyezeten átgördülő test a futás sebességétől függően meghatározott vízszintes energiával rendelkezik. Ugyanakkor hat a súlypontra a nehézségi erő is. E két erő eredője előre és lefelé mutat. A lendítésnek és elrugaszkodásnak tehát felfelé kell hatnia. De figyelmen kívül hagyjuk, hogy a vízszintes energia nagyságát növelni kell, mert csak így tudunk kellőképpen előre felé is haladni. Így a lendítésnek felfelé — előre kell irányulnia. Természetesen a láblendítés aktív „megfogása” után (mikor a lendítés gyorsulása megszűnik) a comb tehetetlensége következtében tovább lendül pályáján és magasabbra kerül.

A kar lendítésére ugyanezen elvek érvényesek. A két kar ellentétesen mozog, de ugyanakkora erővel, mert csak így lesz a két kar munkájának eredője a vízszintes sebesség növelése szempontjából nulla. Ez azért fontos, hogy ne készítse a súlypontot felesleges mozgásra.

A karmunka jelentősége az alábbiakban foglalható össze:

a) segíti a lendítést,
b) a lendítő lábbal ellentétes mozgása révén segít az egyensúlyozásban,

c) A láb és a kar keresztezett beidegzése lehetővé teszi, hogy akaratlagosan gyorsított karmunkával felgyorsítsuk a lábmunka ütemét. Kisebb tömeget előbb tudunk megmozgatni, ezért a kar munkája mint a lábtempót gyorsító tényező szerepel. Tehát bizonyos határok között a karmunka gyorsításával fokozhatjuk a lábmozdulatok szaporaságát. Ez az összefüggés különösen a táv vége felé jelentős, amikor is az egyre fokozódó fáradtság (oxigénadósság) miatt csökken a futás sebessége.

3. A lendítés munkájához szervesen kapcsolódik a támaszkodó láb elrugaszkodása. Ez a futómozgás legfontosabb mozzanata, mert meghatározza a repülés hosszát, másrészt pedig a helyes elrugaszkodás nagyrészt biztosítja a helyes futómozgást is. Akkor jó, ha a megelőző lépés töretlen folytatása. Az elrugaszkodást akkor kell megkezdeni, amikor a test súlypontja az alátámasztási pont elé kerül és a lendítés során a támaszkodó lábra háruló plusz leterhelés megszűnik. Az elrugaszkodás csípőből, térdből és bokából fokozatos kinyúlással történik. Az elrugaszkodásban nagy szerepet játszik a boka. Kísérletileg igazolt tény, hogy ha kikapcsoljuk a boka munkáját, akkor az elrugaszkodás hatékonysága a felére esik. Vigyázni kell azonban, hogy a kinyúlás ne legyen túlzottan elsietett, mert ez a test nagyfokú emelkedését eredményezné (szökkenő futás).

4. A lendítés és elrugaszkodás után a test *repül* a levegőben. Ez-

alatt a futó erőt fejteni, tehát gyorsítani nem tud, ezért alapvető szempont, hogy a futó csak annyi időt töltsön a levegőben, amennyi feltétlenül szükséges a mozgás összhangja érdekében. Bal lábas elrugaszkodás során a jobb láb a következő munkát végzi:

A lendítés befejezése után a combhajlító izmok ellazulnak, ennek következtében az alszár előrecsapódik. Ugyanakkor a combfeszítők tömbsen maradnak és tartják a combot. Később a nehézségi erő, valamint a combfeszítők ellazulása miatt a láb közeledik a talajhoz, a talp kissé befelé fordított lábfejjel aktívan a talajra nyomódik. Az elrugaszkodó bal láb a talajtól való elszakadás következtében térdben hajlítva előrelendül, a sarok hátul felcsapódik. A láb részsúlypontja közelebb kerül a forgástengelyhez, a csípőízülethez. Mechanikailag ez azt jelenti, hogy az ingakar megrövidül, így a következő lendítést gyorsan végre lehet hajtani.

Repülés alatt a mozgás sebessége csökkenő tendenciát mutat. Ennek oka a fellépő légellenállás. A lépésssebesség az elrugaszkodás pillanatában a legnagyobb és a holponthelyzetben a legkisebb. A kettő közötti különbség annál nagyobb, minél hosszabb ívű a repülés, mert a légellenállás annál tovább hat, ugyanakkor támaszhelyzet hiányában a futó gyorsítani nem tud. A légellenállás mindannyiszor fellép, hányiszor sebességkülönbség mutatható ki a futó és a levegő között. S minél nagyobb felületet mutat a versenyző a légellenállással szemben, annál nagyobb annak mértéke. Az alábbi táblázatból ez jól kitűnik:

Táv (m)	Idő (sec)	Sebesség (m/sec)	Ellenállás, kg	
			163 cm	182 cm
100	10,0	10,0	2,40	3,00
100	10,3	9,7	2,25	2,80
400	46,0	8,8	1,80	2,25

Első ránézésre az adatok talán nem látszanak jelentősnek, de legyőzésük mégis többlet erőbedobást kíván a sportolótól. Mennyi teljesítménytöbbletet jelent a légellenállás legyőzése?

Legyen a futó magassága = 182 cm,
elért időeredmény = 10,3 sec,
táv = 100 m.

A fenti táblázat szerint a légellenállás mértéke 2,8 kg, munkája: $2,8 \times 100 = 280$ mkg; ez pedig teljesítményben:

$$\frac{280}{10,3} = 27,1 \frac{\text{mkg}}{\text{sec}} = 0,36 \text{ LE}$$

Futónk számára tehát a légellenállás leküzdése 0,36 LE teljesítménytöbbletet jelentett.

5. *Talajfogás:* A volt lendítő láb ellazulása után közeledik a talajhoz és a talajra nyomódik. Az ütközéssel járó rázkódtatás csökkentése érdekében a lábujj-, boka-, térd- és csípőízületben fokozatos utánaen-

gedés történik. Ezáltal a futó fékezi az ütközést, ami a sérülési veszélyen túl ritmushibákhoz is vezethet. A talajfogás kisfokú kitámasztást eredményez, hatására ún. billentő nyomaték lép fel, ez pedig fékezi a sebességet. Kiküszöbölésére hajlítják be térdüket a futók. (Megjegyzendő, hogy a fellépő terhelés is ezirányban hat.)

Az egyes mozgásfázisok folyamatosan kapcsolódnak egymásba, így jön létre a futás folytonossága. A hatóerők összműködése következtében a futó adott sebességre tesz szert. Állandó sebesség esetén a működő erők egyensúlyban vannak. Futás közben az ún. *dinamikus egyensúlyi állapot* érvényesül. Ez alatt olyan változó testhelyezetsorozatot értünk, mely lehetővé teszi az egymásra következő akciók kedvező folyamatát. A dinamikus egyensúly hibáit elsősorban a mozgás törései jellemzik. (Különösen talajfogáskor jelentkezik ez szembetűnően.)

A test mozgását *súlypont*-jának mozgásával jellemezhetjük, mert a súlypont a testre ható összes külső és belső erő támadáspontja. Mechanikailag az lenne a kívánatos, ha a súlypont a lehető legegyszerűbb pályán haladna előre. Ez azonban a gyakorlatban nem lehetséges, mert a futás alapjában véve egy sorozatos ugráskapcsolódás, a testnek a talajjal való kapcsolata esetenként megszakad.

A függőleges irányú eltérés a lendítés és elrugaszkodás eredménye. A súlypont legmagasabb a repülési fázisban és legalacsonyabb a holtponthelyzetben, mert ekkor a támaszkodó láb térde hajlítva van. A súlypont oldalirányú mozgása anatómiai eredetű: a súlypont a támaszreakció hatásvonalától befelé (a testtengely felé) található, ennek következtében jobb lábas támaszhelyzetben balra, bal lábas támaszhelyzetben viszont jobbra tolódik el. Ezek alapján a helyes futástechnika nem más, mint e kétirányú eltérés csökkentésével végrehajtott mozgás.

A súlypont minden mozgása erőt, energiát igényel. Ez az energiaigény annál nagyobb, minél hosszabb pályát ír le a súlypont.

Legyen a futó testsúlya	= 70 kg,
lépéshossza	= 220 cm,
a távolság	= 100 m,
a szükséges idő	= 10,5 mp,
a függőleges súlypontingadozás	= 7 cm.

A lépésenkénti súlypont emelkedés 100 méter alatt:

$$\frac{100}{2,2} \times 0,07 = 3,285 \text{ m.}$$

A fenti érték kerekén 3,3 méternek felel meg. Ezt a távolságnövekedést $70 \text{ kg} \times 3,3 \text{ m} = 231 \text{ mkg}$ munkával kell leküzdeni, ami a teljesítmény szempontjából:

$$\frac{231}{10,5} = 22 \frac{\text{mkg}}{\text{sec}} = 0,3 \text{ LE.}$$

Tehát fútónknak súlypontja függőleges ingadozása következtében 0,3 LE teljesítményt kell kifejtienie, vagyis minél jobban növekszik a

függőleges ingadozás, annál több munkát kell végezni azonos teljesítmény eléréséhez. A kapott eredményt érdemcs összehasonlítani a légellenállási számításnál kapott értékkel.

Vizsgáljuk meg ezek után a *támaszreakció* alakulását! Newton III. törvénye alapján a támaszreakció nagysága megegyezik azzal a nyomással, amelyet a talp a talajra kifejt, iránya pedig ellentétes azzal. A test egyes pillanatnyi mozgásfázisainak megfelelően nagyság és irány szerint változó. Függ a test tömegétől, a mozgás sebességétől, az ízületek és izmok tevékenységétől, mindenkori irányát pedig a támaszfelület és a súlypont pillanatnyi helyzetét összekötő képzeletbeli egyenes adja. Futásnál a támaszreakció periódikusan hat, amikor a futó érintkezik a talajjal.

A lendítés és elrugaszkodás ereje, valamint a külső erők együttes fékező hatása a törzs bizonyos *dőlésszög*-ét eredményezi. Vágtafutásnál ez a dőlésszög értelemszerűen fokozott mértékben jelentkezik, hogy a súlypont minél előbb átkerüljön az alátámasztási ponton. A gyakorlatban két jellegzetes hiba szokott előfordulni:

A törzs fokozott mérvű előre dőlése kedvező feltételt jelent ugyan az elrugaszkodáshoz, de megnehezíti a lendítő láb előre hozatalát és megrövidíti a lépést. A kismérvű előredőlés pedig a hegyesszögben végrehajtott elrugaszkodást gátolja.

Az egyes mozgásfázisok egymásba kapcsolódása eredményezi a *futóritmus*-t. A ritmus elválaszthatatlan a mozgástól, a mozgás végrehajtásában jelentkezik. A futás ritmusa azonos szerkezetű szakaszok folyamatos ismétlődéséből áll, a térbeli helyzetek, elmozdulások és azok időbeli lefolyása megközelítően azonos módon történik, ezért egyenletes lüktetések jellemzik. A futóritmus színezete aszerint alakul, hogy a futólépéseket alkotó mozdulatok között milyen irány-, kiterjedés- és sebességbeli különbségek vannak.

Érdekes, hogy hazai szakirodalmunkban ezzel a fontos kérdéssel alig találkozhatunk, s még kevésbé az edzői gyakorlatban. Pedig érdemes vele foglalkozni! Élversenyzőink technikája táv közben megfelelőnek, szinte tökéletesnek mondható, a táv vége felé azonban komoly ritmuszavarok tapasztalhatók. Ennek fő oka egyrészt a kellő felkészültség hiányában, másrészt a technikai végrehajtásban keresendő. Versenyzőinkben nem alakult ki egy olyan egyéni technika, amely a táv végéig helyes ritmusú mozgást eredményezne. A ritmusváltozást a fáradtság okozza. Ennek következtében a lépésszáporaság csökken. Hogy a futássebesség mégse csökkenjen, a versenyző lépéshosszát igyekszik növelni. Ezt viszont csak akkor éri el, ha a technikában bizonyos módosításokat alkalmaz. Nem sietteti annyira a talajérést, ugyanakkor törekszik a minél gyorsabb lendítésre. A ritmus változása tehát a technikai változás függvénye. Az aritmiának legtöbb esetben az az oka, hogy a comb lendítése későn következik be, de oka lehet az is, hogy a futó sietteti a talajérést. A ritmuszavarok akadályozzák a gyorsaság kifejtését, ezért a vágtafutás oktatása elsősorban a megfelelő ritmus kialakítása szempontjából történjék.

Sportbeli gyorsaság alatt az ideg- és izomrendszernek azon képes-

ségét értjük, amely a sportmozgások gyors végrehajtását teszi lehetővé. A futássebességet a lépések *hossza* és *gyakorisága* határozza meg. A lépéshossz a vágtafutásnál a legnagyobb, mert vágtafutásnál legintenzívebb a lendítés és elrugaszkodás. Magasabb termetű futóknak általában hosszabb lépéshossz felel meg, tehát bizonyos határok között a lépéshossz alkalmazkodik a testmagassághoz, de ez nem feltétlenül törvényszerű. Minden vágtafutónak egyénileg kell törekednie arra, hogy megtalálja azt az optimális lépéshosszat, amellyel maximális sebességét tartani tudja.

A lépéshossz növelését csak akkor tartjuk helyesnek és eredményesnek, ha azt a lendítés és elrugaszkodás növelése eredményeként érjük el, azzal a megszorítással, hogy a támaszreakció idejének azonosnak kell maradnia. Ha a vágtafutó talpával a kelletténél tovább támaszkodik a talajra, hiába növeli lendítését és elrugaszkodását, az ellépés nem lesz robbanékony, tehát a sebességet nem fogja növelni. A rövidtávú futó lépésének olyan hosszúnak kell lennie, amilyen csak lehet, anélkül, hogy megzavarná a mozgás ritmusát. Vágtafutásnál a sebesség a döntő tényező, ennek pedig a ritmus a legfontosabb összetevője és nem a lépéshossz.

* * *

Hogyan vegyük figyelembe ezeket a törvényszerűségeket a vágtafutás oktatásában?

A tanulók fiatal korban ösztönösen is jól futnak, ezért ilyenkor a vágtafutás — különösen a lábmozgás szempontjából — eredményesebben oktatható. Természetesen itt is nagy a különbség a városi és falusi gyerekek között. Az általános mozgáskészség fejlesztése terén a városias életmód, a lehetőségek hiánya feltétlenül gátló tényező, amint azt több szerző kimutatta már, és ez a futómozgásra is érvényes.

A futás ciklikus jellegéből következik, hogy a hangsúly a mozgás közbeni oktatáson legyen. Kezdetben fussanak lassú iramban a tanulók, később áttérhetünk a nagyobb sebességű futásra. A tanulók figyelmét fel kell hívni a fokozott előredőlésre. A vágtafutás helyes végrehajtásának oktatására csak akkor kerülhet sor, ha a tanulók már jól elsajátították a futás általános technikáját, másrészt pedig rendelkeznek kellő izomerővel a nagyobb megterhelés elviselésére.

Az oktatás elején szükségtelen a bemutatás, fussanak a tanulók! Elsősorban a helyes futóritmust kell kialakítani, ehhez pedig ki kell hangsúlyozni a futóritmust és ismételten el kell magyaráznunk a helyes technikai végrehajtást. A futókban ki kell alakítani a vágtafutás készségét. Ezt nagyobb sebességű ismételt futásokkal érhetjük el. A gyakorlat igazolja, hogy a megfelelő ritmus beidegzésének legeredményesebb módja a sokszori ismétlés.

A technikai követelmények elmagyarázása után mutassuk is be a helyes végrehajtást. Utána fussanak a tanulók. Az előforduló hibák javítása a mechanikai törvényszerűségek figyelembe vételével történjék. Főleg kezdő fokon azonban ne a törvényszerűségeket magyarázzuk, hanem megfelelő irányszavakkal és kifejezésekkel a helyes vég-

rehajtásra serkentjük a tanulókat. (Pl.: Emeld jobban a combod! Ne dőlj annyira előre! Csapódjon fel hátul a sarkad! A lábfej mutasson előre és befelé! stb.) Az egyes törvényszerűségek elméleti ismertetésére pihenők alkalmával kerülhet sor, természetesen a tanulók fejlettségének megfelelő szinten. Ha a hibák javítása így sem jár eredménnyel, akkor megfelelő cél- és rávezető gyakorlatokat alkalmazzunk. Mindig a hibák okait keressük, mert a hibák kiküszöbölése voltaképpen a hibák okainak megszüntetését jelenti. Végrehajtás során ügyeljünk arra, hogy helyesen értékeljük az egyéni eltéréseket, mert az egyes törvényszerűségek érvényesítése mindig az egyéni végrehajtásban jutnak kifejezésre.

Döntő jelentőségű a tanulók viszonyulása, magatartása. Jó eredményt csak akkor érünk el, ha kialakítjuk tanulóinkban az önellenőrzést. A tanár vagy edző oktató szerepe nagyon fontos, végső soron azonban a teljesítményt a versenyző éri el. Az oktató csak segít az eredmények elérésében, de a fentebbi követelményeket a versenyzőnek kell teljesítenie a verseny során. Ilyenkor csak saját tapasztalatait használja fel a futó, ezért van nagy jelentősége az önellenőrzésnek. Ha a futó tudja, hogy mit miért végez, akkor képes is lesz mozgása ellenőrzésére.

A mechanika ismerete által nyert előny mind nagyobb követelményt támaszt a felkészülésben. Nemcsak testi, fizikai edzést, hanem komoly szellemi elmélyülést is megkíván a sportolótól. Aki erre nem hajlandó, az menthetetlenül lemarad az egyre fokozódó versenyben. Aki viszont ismeri a mechanikai törvényszerűségeket és azt a végrehajtás során érvényesíti, az feltétlenül jobb eredményt fog elérni.

IRODALOM:

1. Balogh Lajos: A biomechanika és a sporteredmények fejlődése. Sport és Tudomány 1960. december.
2. Cooper: Lazán fuss, hogy jó vágózó lehess! Sport és Tudomány 1963. május.
3. Szamonkov: A testnevelés szovjet elmélete. Kézirat, 1950.
4. Angyal Vilmos: Hogyan segíti a boka funkciója a láb elrugaszkodását? TF. szakdolgozat, 1949.
5. Bánfalvi Miklós: Lépéshossz a rövidtávfutásban. TF. szakdolgozat. 1950.
6. Donszkoj: Biomechanik der Körperübungen. Berlin, 1961.
7. Dr. Bácsalmási—Koltai: Az atlétika oktatása. Sport 1962.